N° 379.

DES DENSITÉS

DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES

DÉTERMINATION ET USAGES

SYNTHÈSE

PRÉSENTÉE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

LE MARS 1886

PAR

Léon PILGRAIN

Né à Clamecy (Nièvre)

Pour obtenir le grade de Pharmacien de 1re classe

MONTPELLIER

IMPRIMERIE CRISTIN, SERRE ET RICOME, RUE VIEILLE-INTENDANCE, 5

SERRE ET RICOME, SUCCESSEURS

1886

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553210_0070

École Supérieure de Pharmacie de Montpellier.

PROFESSEURS

MM. J.E. DIACON (I. P. ✿), DIRECTEUR *Chimie générale.*

J.-E. PLANCHON ✲ ✠✠ (I. P.) *Histoire naturelle des médicaments.* / *Botanique.*

F. JEANJEAN (I. P. ✿)..... *Chimie analytique et Toxicologie.*

L. SOUBEIRAN ✠✠✠✠..... *Pharmacie.*

A. IMBERT..... ..... *Physique.*

COURS COMPLÉMENTAIRES

MM. MASSOL, chargé du cours..... *Minéralogie.*

COURCHET, chargé du cours... *Matière médicale.*

GAY, chargé du cours..... *Pharmacie chimique.*

B. CAUVY (I. P. ✿), professeur honoraire

AGRÉGÉS

MM. Th. MALOSSE ✠.

G. MASSOL.

L. COURCHET.

F. GAY.

Secrétaire : F.-J. BLAISE

NOTA.— L'Ecole de pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats, dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MA SŒUR ET A MON BEAU-FRÈRE

A Monsieur J. IMBERT

mon ancien maitre

MEIS ET AMICIS

L. PILGRAIN.

A Monsieur le Docteur A. IMBERT

Agrégé des Facultés de Médecine
Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie

Témoignage de reconnaissance

A Monsieur le Docteur MALOSSE

Professeur-agrégé à l'Ecole supérieure de Pharmacie

A MES MAITRES

A mes excellents amis

E. LEFÈVRE, P. PLAIT, H. PROVOT

Pharmaciens de 1re classe

L. PILGRAIN.

Parmi les questions de physique que nous avons eu à étudier dans le cours de nos études, l'une des plus importantes pour le pharmacien, en raison des applications qu'elle comporte, est sans contredit celle de la détermination de la constante physique, que l'on désigne sous le nom de densité.

La densité d'un corps, en effet, est un nombre spécifique, c'est-à-dire caractéristique du corps auquel il se rapporte, au même titre que le point de fusion ou d'ébullition, le coefficient de dilatation, l'indice de réfraction, la conductibilité, la tension superficielle, etc.

La détermination d'une constante physique d'un corps constitue donc, en somme, un procédé d'analyse qualitative et une méthode précieuse de recherche pour reconnaître la pureté d'un corps: ce procédé peut être employé au même titre que les procédés chimiques. Si l'on donne d'habitude la préférence dans la pratique à ces derniers procédés, c'est qu'ils sont en général plus rapides et exigent l'emploi d'objets et de réactifs que le pharmacien a toujours à sa disposition. Mais il existe des cas dans lesquels les procédés chimiques se trouvent en défaut ou conduisent difficilement à un résultat que l'on peut atteindre plus rapidement à l'aide des méthodes physiques d'analyse. Aussi, nous a-t-il semblé qu'il pourrait y avoir un certain intérêt à grouper ensemble les divers procédés de mesure de l'une des constantes physiques qu'il est le plus facile de déterminer ; à savoir, la *Densité* des corps.

Notre travail se divisera naturellement en deux parties:

Dans la première partie, nous résumerons les diverses méthodes de détermination des densités.

Dans la seconde, nous exposerons les principales applications auxquelles donne lieu la détermination de cette constante physique des corps.

Nous avons cru devoir nous borner au cas des corps solides et liquides; le pharmacien a rarement à manier des gaz ou des vapeurs; la détermination de la densité de ces derniers exige en outre un outillage plus compliqué, et constitue une opération assez délicate.

Ajoutons encore que, suivant l'usage, nous emploierons indifféremment les termes de *densité* et de *poids spécifique*, bien que ces deux termes ne soient pas scientifiquement synonymes. La *densité*, en effet, est le poids de l'unité de masse, le *poids spécifique* est le poids de l'unité de volume; c'est de cette dernière constante physique que nous nous occuperons.

DES DENSITÉS

DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES

DÉTERMINATION ET USAGES

On appelle *densité* ou *poids spécifique* d'un corps, le poids de l'unité de volume de ce corps.

Si P représente le poids d'un volume V d'un corps, le poids de l'unité de volume ou sa densité sera :

$$D = \frac{P}{V}$$

ce qui conduit à cette autre définition :

La densité ou poids spécifique d'un corps est le rapport qui existe entre le poids et le volume de ce corps.

Si l'on remarque que, grâce à l'unité de poids choisie en France et dans les pays où le système métrique est adopté, le volume d'un corps est représenté par le même nombre que le poids P' d'un égal volume d'eau distillée à 4°, on pourra encore écrire :

$$D = \frac{P}{P'}$$

On déduit de là cette nouvelle définition :

La densité d'un corps est le rapport qui existe entre le poids de ce corps et le poids d'un égal volume d'eau.

C'est en somme cette dernière définition qui, traduite en quelque sorte en expérience, conduit à la détermination des densités.

On voit donc ce qu'il y a à faire pour cela :

1° Déterminer le poids du corps.

2° Déterminer le poids d'un égal volume d'eau à 4°.

Le poids du corps s'obtient en utilisant le levier (méthodes dans lesquelles on emploie la balance), le principe d'Archimède (aréomètres et densimètres) ou l'élasticité (procédé Jolly).

Le poids d'un volume d'eau égal au volume du corps, s'il est solide, se détermine presque toujours au moyen du principe d'Archimède, en plongeant le corps dans l'eau et mesurant avec l'un des instruments précédents la poussée exercée par le liquide.

Si le corps dont on cherche la densité est liquide, on plonge successivement un même corps dans ce liquide et dans l'eau, et on mesure la poussée dans les deux cas, ou bien l'on pèse un vase rempli jusqu'au même niveau, d'abord d'eau, puis du liquide à étudier.

Dans quelques cas particuliers relatifs aux liquides, on obtient directement la densité en utilisant la propriété des surfaces de niveau dans un liquide en équilibre (procédé Babinet, Boyle, procédé de Petrouchewski pour l'acier en fusion).

Dans tous les procédés qui exigent l'immersion du corps dans l'eau, une difficulté se présente; les corps changeant de volume sous l'influence des changements de température sans que leur poids subisse de variations, la densité dépend donc de la température. On démontre d'ailleurs que la densité D_0 à 0° et la densité D_t à t° d'un même corps sont liées par la relation

$$D_0 = D_t(1 + \alpha t)$$

α étant le coefficient de dilatation du corps. Quelle que soit la température à laquelle on détermine expérimentalement la densité d'un corps, on est convenu de la ramener à 0° au moyen de la formule précédente, afin de rendre les résultats comparables entre eux.

Ceci nous conduit à préciser davantage la définition que nous avons donnée plus haut et à dire :

La densité ou poids spécifique d'un corps est le rapport qui existe entre le poids d'un certain volume de ce corps et le poids d'un volume d'eau distillée à 4° égal au volume du corps à 0°.

Il résulte de là qu'on ne pourra pas déterminer immédiatement, par l'expérience, la densité à 0° d'un corps solide ; sans parler en effet de la difficulté que l'on aurait à maintenir égale à 4° la température de l'eau distillée dans laquelle on fait plonger le corps pour trouver P', il faudrait que le corps fût à 0°, pendant que l'eau qui l'environne serait à 4°.

En présence de l'impossibilité matérielle, où l'on est de réaliser les conditions mêmes de la définition, on opère à la température 0°, au moins dans le cas où la méthode employée (méthode du flacon) est assez sensible pour accuser l'influence de faibles variations de température. Du résultat ainsi trouvé, il est facile de déduire le nombre qui correspond rigoureusement à la définition de la densité.

Si on représente, en effet, pour P'_0 et P'_4 les poids de volume d'eau à 0° et à 4° égaux au volume du corps à 0°, on a identiquement :

$$D = \frac{P}{P'_0} \times \frac{P'_0}{P'_4}$$

$\frac{P}{P'_0}$ est la densité du corps, telle que la donne l'expérience par rapport à l'eau à 0° ; $\frac{P'_0}{P'_4}$ est la densité de l'eau à 0° par

rapport à l'eau à 4°; or, la densité de l'eau aux diverses températures a été déduite des recherches effectuées par Despretz et Hallstrom sur la dilatation de ce liquide. En particulier, le facteur $\frac{P'_0}{P'_4}$ par lequel il faut multiplier le nombre $\frac{P}{P'_0}$ donné par l'expérience, est égal à 0,999873.

Il y a en réalité une cause d'erreur à éliminer encore, si l'on veut opérer avec toute l'exactitude possible. Les pesées, en effet, sont faites dans l'air, c'est-à-dire que les corps dont on cherche les poids sont soumis, en vertu du principe d'Archimède, à la poussée du fluide dans lequel ils sont plongés; ce que l'on mesure dans l'expérience, ce n'est pas le poids absolu du corps, c'est-à-dire son poids dans le vide, mais la différence entre ce poids et la poussée de l'air, tandis que les nombres P et P', dont le rapport donne la densité, représentent des poids absolus.

La correction relative à la poussée de l'air est indispensable dans la détermination de la densité des gaz et des vapeurs, car cette poussée est du même ordre de grandeur que les poids à mesurer; mais dans le cas des corps solides ou liquides, cette correction, suivant la méthode employée, est complètement illusoire, et c'est à peine si on doit songer à la faire, lorsqu'on emploie la méthode du flacon et une balance très sensible.

Aussi, indiquerons-nous seulement à propos de cette méthode, comment on peut tenir compte de la poussée.

MÉTHODE DU FLACON.

Le procédé du flacon est le meilleur pour déterminer la densité des corps, il a été imaginé par Klaprott et introduit par Regnault.

Cas des corps solides. — Cette méthode exige un flacon que l'on puisse toujours remplir exactement de la même quantité. Les flacons employés sont de différentes formes :

Les uns sont à goulot usé à l'émeri, de façon qu'un disque de verre rodé puisse chasser tout le liquide qui déborde.

Les autres sont munis de bouchons à l'émeri, s'enfonçant de quantités toujours égales.

Le plus commode pour les solides est un flacon en verre, à goulot un peu large, recevant un bouchon terminé par un tube capillaire sur lequel se trouve un point de repère. Lorsqu'on a rempli d'eau le flacon, le liquide monte jusqu'à la pointe du bec ou jusqu'au trait. On enlève l'excédant avec du papier buvard, et le volume du liquide sera ainsi toujours le même si la température est la même.

Le mode opératoire est le suivant :

Remplir le flacon d'eau distillée, le mettre dans la glace fondante; quand il est à la température 0°, enlever l'excès de liquide jusqu'au point de repère. Retirer le flacon, le laisser prendre la température du laboratoire, et l'essuyer. Le porter ensuite sur l'un des plateaux d'une balance, placer à côté le corps, et mettre de la tare pour établir l'équilibre. Enlever le corps seul, le remplacer par des poids marqués, ce qui donne P.

Introduire le corps solide dans le flacon où il déplace un volume égal au sien, soumettre le flacon au vide de la machine pneumatique de manière à chasser l'air d'interposition, et opérer comme précédemment ; on a ainsi P' :

$$D = \frac{P}{P'}$$

Cas des corps liquides. — Le flacon consiste en un réservoir cylindrique surmonté d'un tube étroit, portant un trait d'affleurement. Ce tube se termine par un petit entonnoir que l'on peut fermer avec un bouchon, ce qui est utile dans le cas où ce liquide est volatil.

Tarer le flacon plein de liquide à 0°, le vider, le sécher et rétablir l'équilibre avec des poids marqués P ; le remplir d'eau à 0°, et recommencer les mêmes opérations pour déterminer le poids P' d'un même volume d'eau :

$$D = \frac{P}{P'}$$

On se sert aujourd'hui de flacons formés d'un tube recourbé deux fois à angle droit et terminé par des parties capillaires ; l'opération qui consiste à remplir et vider le flacon se fait alors très facilement par aspiration et insufflation.

Flacon de M. Gentilé. — Un pharmacien de la marine, M. Gentilé (1), a imaginé, en 1867, de renfler le tube capillaire des flacons ordinairement employés, et de marquer au-dessus et au-dessous du renflement deux traits de repère, comprenant entre eux un volume de 1 cent. cube. Si dans ces conditions on remplit le flacon d'eau jusqu'au trait de repère inférieur, et que par tâtonnements on introduise dans le flacon un volume tel du corps que le niveau de l'eau arrive au trait supérieur de repère, le poids du corps corres-

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4me série, t. v.

pondant alors à 1 cent. cube, donne immédiatement la densité.

Nous avons tenu à rappeler ce mode opératoire, parce qu'il nous paraît constituer en quelque sorte le point de départ des densimètres Rousseau, Paquet, Buguet.

La méthode du flacon, comme nous le dirons plus loin, étant d'une grande exactitude, il est bon, lorsqu'on veut opérer dans toutes les conditions de rigueur possible, de tenir compte de la poussée de l'air.

Appelons P et P' les poids marqués qui établissent l'équilibre,

V le volume du corps,
D la densité cherchée,
d — du laiton,
e — de l'eau,
a — de l'air,

Comme l'équilibre a lieu entre des poids apparents, on a:

$$P\left(1-\frac{a}{d}\right) = VD - Va$$

$$P'\left(1-\frac{a}{d}\right) = Ve - Va$$

d'où $$\frac{P}{P'} = \frac{D-a}{e-a}$$

enfin $$D = \frac{P}{P'}e + \frac{P'-P}{P'}a$$

BALANCE HYDROSTATIQUE.

Cas des corps solides. — Attacher le corps par un fil sous l'un des plateaux de la balance, mettre de la tare dans l'autre plateau, de manière à établir l'équilibre. Enlever le corps et le remplacer par des poids marqués, ce qui

donne le poids P du corps. Oter les poids, remettre le corps et le faire plonger dans l'eau; l'équilibre est rompu, pour le rétablir, il faut mettre des poids P' du côté du corps:

$$D = \frac{P}{P'}$$

Cas des corps liquides. — Prendre une boule de verre, lestée avec du plomb ou du mercure, l'attacher sous l'un des plateaux de la balance et tarer de l'autre côté. Faire plonger cette boule successivement dans le liquide, puis dans l'eau.

Soient P et P' les pertes de poids respectivement constatées dans les deux cas:

$$D = \frac{P}{P'}$$

PROCÉDÉS PERSOZ ET BOUDRÉAUX.

Ils consistent à chercher directement le poids P du corps et à déterminer son volume en mesurant le volume de gaz (Persoz) ou de liquide (Boudréaux) qu'il déplace.

Dans ce but, M. Persoz mesure préalablement le volume V d'un vase, y introduit le corps, puis fait passer l'air restant, par l'arrivée de l'eau ou tout autre liquide, dans une cloche graduée où il mesure son volume v; la densité est alors:

$$D = \frac{P}{V - v}$$

M. Boudréaux se sert d'un vase de verre à tubulure latérale et par suite à niveau constant.

Cas des solides. — On prend le poids P du corps par double

pesée, on l'immerge dans le vase et l'on recueille dans un vase taré l'eau qui s'écoule, ce qui donne le poids P' du liquide :

$$D = \frac{P}{P'}$$

Cas des liquides. — On met un plongeur dans le vase successivement rempli d'eau et de liquide, on recueille chaque fois dans un vase taré le liquide déplacé et on en prend les poids P et P':

$$D = \frac{P}{P'}$$

BALANCE DE MOHR.

La balance du docteur Mohr, dont on se sert dans les laboratoires allemands, permet de déterminer en quelques minutes la densité des liquides avec une précision remarquable.

C'est une balance hydrostatique, d'un modèle spécial, dont un des bras du fléau est divisé en 10 parties égales par des crans numérotés de 1^{mm} de profondeur environ. Ce bras porte un plongeur, l'autre un contre-poids l'équilibrant dans l'air.

Les crans sont destinés à recevoir 3 cavaliers, l'un représentant la poussée subie par le plongeur dans l'eau à 15°, les autres pesant le dixième et le centième du premier.

Son emploi repose sur le principe d'Archimède; on détermine le rapport des pertes de poids dans le liquide et dans l'eau. Le docteur Mohr, grâce à un artifice, simplifie l'opération en supprimant l'épreuve dans l'eau.

Voici comment on opère :

1° Le liquide étant à 15°, on y immerge le plongeur ;

2° On cherche à quel numéro des crans il faut placer les 3 cavaliers pour rétablir l'équilibre, ce qui donne respectivement les chiffres des dixièmes, des centièmes et des millièmes de la densité cherchée.

Lorsque la densité est plus grande que l'unité, l'équilibre exige qu'on suspende un cavalier identique au premier à l'extrémité du fléau.

3° La lecture se fait en prenant pour chiffre des unités le nombre de cavaliers suspèndus à l'extrémité du fléau, et pour chiffre des dixièmes, centièmes, millièmes, les numéros des crans qui correspondent aux cavaliers.

La balance de Mohr-Westphal, la balance dite aérothermique de Dalican, ne sont que des modifications de la précédente.

ARÉOMÈTRES

Il existe trois sortes d'aréomètres :

1° Les aréomètres à poids constant et à volume variable ;

2° Les aréomètres à volume constant et à poids variable ;

3° Les aréomètres à volume variable et à poids variable ;

Les premiers servent à titrer des liqueurs, les autres, plus spécialement, à prendre des densités ; ils ont une origine très ancienne, autrefois on les appelait baryllions ou hydroscopes.

L'évêque Synesius, de Ptolemaïs, qui vivait au IV^{me} siècle de notre ère, en parle tout au long dans une lettre qu'il écrivait à la savante Hypathia, d'Alexandrie ; plus anciennement encore, les appareils avaient été décrits avec grand soin dans un poème composé par Rhemnius Palœmon, contemporain de Tibère. Cet auteur en attribue l'invention à Archimède.

Voici à peu près la traduction du passage où il fait connaître à la fois et la construction et la théorie de ces instruments :

«On fabrique en argent ou en cuivre très mince un cylindre, dont la longueur égale la distance qui sépare les nœuds d'un roseau fragile ; on charge intérieurement sa partie inférieure d'un faible poids de forme conique qui l'empêche de flotter horizontalement ou de surnager tout entier ; une ligne tirée sur la surface porte des divisions égales. Avec cet instrument, on peut connaître le poids de chaque liquide, car dans une liqueur peu dense, le cylindre enfonce davantage, dans celle qui est plus pesante, on voit surnager un plus grand nombre de divisions.»

On peut préciser davantage: si le tube est bien cylindrique, le rapport des nombres n et n' de divisions, dont il enfonce dans les deux liqueurs différentes, est l'inverse de celui de leurs poids spécifiques D et D'. En effet, soit u le volume de chaque division et P le poids de l'appareil.

On a :

$$nu\mathrm{D}=\mathrm{P} \qquad n'u\mathrm{D}'=\mathrm{P}$$

d'où

$$\frac{n}{n'}=\frac{\mathrm{D}'}{\mathrm{D}}$$

Aréomètre de Nicholson. — C'est un cylindre creux terminé par deux cônes, le supérieur qui supporte un plateau est surmonté par une tige marquée d'un point de repère ; l'inférieur porte un crochet auquel on peut suspendre une corbeille contenant, sous un double fond, de la grenaille de plomb pour lest.

Mettre l'aréomètre dans une éprouvette pleine d'eau, placer le corps sur le plateau, et ajouter assez de tare pour que l'aréomètre enfonce jusqu'au point de repère. Enlever le corps, le remplacer par des poids marqués, de manière à rétablir l'affleurement, ce qui donne par double pesée le poids P. Oter les poids marqués, remettre le corps, mais dans

la corbeille ; le poids P' qu'il faut ajouter donne le poids d'un même volume d'eau :

$$D = \frac{P}{P'}$$

Aréomètre de Fahrenheit.— C'est un flotteur en verre, lesté à sa partie inférieure, et surmonté d'une tige terminée par un plateau. Sur la tige, on trouve un point de repère.

On le pèse, soit P son poids, on le met dans le liquide à essayer; on ajoute des poids marqués p pour établir l'affleurement; on le porte ensuite dans l'eau, il faut p' pour que l'aréomètre enfonce jusqu'au point de repère:

$$D = \frac{P+p}{P+p'}$$

Densimètre de Rousseau.— Le densimètre de Rousseau sert à déterminer les poids spécifiques des liquides que l'on ne possède pas en assez grande quantité pour y plonger un aréomètre. Il se rapproche de celui de Fahrenheit par son principe, mais en diffère essentiellement par sa construction et son mode d'emploi.

Il se compose :

1° D'un aréomètre ordinaire à tige graduée,

2° D'un petit vase sur lequel est marqué un centimètre cube et pouvant s'adapter à la partie supérieure de l'aréomètre.

La tige est graduée de la manière suivante :

On fait plonger le densimètre dans l'eau distillée à 4°, l'affleurement a lieu au bas de la tige, on note 0. On ajoute ensuite 1 gr. dans le petit vase, l'aréomètre s'enfonce, on marque 100 au nouveau point de repère. L'intervalle est divisé en 100 parties égales.

Lorsque 1 cent. cube de liquide versé dans le réservoir fera affleurer à la division n, son poids spécifique sera $\frac{n}{100}$, puisque son volume est égal à 1 et que son poids est $\frac{n}{100}$.

Densimètre de Paquet. — Cet aréomètre, que M. Paquet a fait connaître en 1875, repose sur le principe imaginé par M. Monoyer, pour appliquer le densimètre de Rousseau à la détermination des poids spécifiques des solides. Il conduit au même but que celui de Nicholson, mais d'une manière plus simple et plus rapide. Les deux termes de la densité cherchée, c'est-à-dire P et V, sont donnés par la simple observation de l'instrument après son immersion dans l'eau.

La forme est celle des aréomètres en général, mais avec cette particularité que sa tige est surmontée d'un réservoir cylindrique, divisé en centim. cubes et en dixièmes de centim. cubes. Le zéro est placé au niveau du 2^{me} centim. cube. La tige, au lieu d'offrir un simple trait de repère, présente sur toute sa longueur une graduation dont nous indiquons plus bas le principe. Le lest est tel, que lorsque le réservoir contient de l'eau jusqu'à zéro, l'affleurement dans l'eau distillée a lieu à la partie inférieure de la tige, au zéro de la graduation.

Voici comment on le gradue :

On met 5 cent. cubes d'eau par exemple dans le réservoir cylindrique ; on sait, d'après le principe des corps flottants, qu'il s'enfonce jusqu'à ce qu'il ait déplacé une nouvelle quantité d'eau dont le volume soit de 5 centim. cubes. On note les deux nouveaux points de repère, et on trace sur la tige et sur le réservoir 50 divisions équidistantes.

Il est facile de connaître avec cet instrument et le volume et le poids d'un corps.

Si, par exemple, dans le tube cylindrique après l'addition du corps, le niveau de l'eau s'élève de n divisions, cela signifie que le volume est de n dixième de centim. cubes, et si l'aréomètre affleure à la division N, cela signifie en même temps que l'eau déplacée a un volume de N dixièmes de centim. cubes, et par suite que le poids du corps est de N décigram.:

$$D = \frac{N}{n}$$

Densimètre de Abel Buguet.— C'est un aréomètre de Nicholson, à tige plus grosse et plus longue; il est gradué et ne porte pas de point de repère.

Il est lesté de telle façon, que chargé successivement de poids de 5 gr. et de 10 gr., il affleure, plongé dans l'eau, au bas et au haut de la tige. Aux points d'affleurement, on marque 0 et 100; chacune des divisions correspond à 5 centigr.

On considère deux cas:

1° Le corps pèse moins de 5 gr. On ajoute sur le plateau supérieur un poids de 5 gr., qui, seul, ferait affleurer au 0, et on note les deux affleurements successifs N et n, quand le corps est placé dans le plateau supérieur et dans le plateau inférieur.

Les poids du corps et d'un égal volume d'eau sont exprimés en centigrammes par 5 N et 5 (N—n) :

$$D = \frac{N}{N - n}$$

2° Le poids du corps est compris entre 5 gr. et 10 gr. On met le corps seul d'abord dans le plateau supérieur, puis dans le plateau inférieur. On note les affleurements N et n, mais on a soin d'augmenter de 100 les nombres lus, ce qui se fait en mettant l'unité à la gauche de ces nombres.

Outre les aréomètres que nous avons déjà décrits, on em-

ploie journellement dans les laboratoires et l'industrie des aréomètres à poids constant, qui servent à reconnaître si certains liquides sont dans un état de concentration donnée, bien que l'on puisse au besoin les employer pour déterminer la densité d'un liquide.

Les plus connus sont ceux de Baumé et de Cartier.

Aréomètres de Baumé. — Liquides plus denses que l'eau. — L'aréomètre le plus en usage est le pèse-acides, ou pèse-sels de Baumé.

C'est un tube de verre creux, lesté de manière à affleurer au haut de la tige dans l'eau distillée, prise à 12°5 centigrades. On marque 0 à ce point et 15 au point d'affleurement de la tige, dans une dissolution de 15 parties en poids de sel marin, dans 85 parties d'eau à la même température. On divise l'intervalle en 15 parties égales, et on prolonge la graduation.

Liquides moins denses que l'eau. — On emploie le pèse-liqueurs; il est lesté de manière à affleurer à la partie inférieure de la tige, où l'on marque 0, dans une solution de 10 parties de sel marin pour 90 parties d'eau. On le plonge ensuite dans l'eau pure, on marque 10 au point d'affleurement, on divise l'intervalle en 10 parties égales, et on prolonge la graduatiou.

Le module, c'est-à-dire le rapport qui doit exister entre le volume total V et le volume d'une division v, caractérise un aréomètre à degrés égaux; il doit être le même dans tous les exemplaires d'un même instrument. Dans les aréomètres de Baumé, Cartier...., il a été pris tout à fait arbitrairement.

Pour le pèse-acides Baumé, on prend ordinairement, avec Gay-Lussac, le nombre 144,3; ce nombre convient aux instruments qui marquent 66° dans l'acide sulfurique, de densité 1,8427 à 15°. Si l'on prépare la solution salée, conformé-

ment aux prescriptions formulées par MM. Berthelot, Coulier et d'Almeida (*Vérification de l'aréomètre de Baumé*, Paris, Gauthier-Villars, 1873), d'après la rédaction de Baumé à la page 341 du tome I de la 8e édition de ses *Éléments de pharmacie*, le poids apparent d'un litre de la liqueur, pesé avec des poids en laiton dans l'air sec à 12°,5 et sous la pression de 760mm, est 1110 gr. 57, et le module devient 148,5.

Aréomètre de Cartier.—L'aréomètre de Cartier n'est qu'une modification à peu près insignifiante de celui de Baumé, imaginée sans autre motif qu'une concurrence commerciale; sa graduation est tout aussi arbitraire; le 10e degré représente encore la densité de l'eau à la température de 12°,5; mais le 29e degré correspond au 31e degré Baumé. Il a été longtemps employé par la régie.

Il est facile de déterminer, à l'aide de ces instruments, la densité d'un liquide dans lequel ils affleurent à la division n par exemple, lorsqu'on connaît les densités des liquides qui ont servi à la graduation.

Prenons par exemple le pèse-acides, et soient :

e, le poids de l'unité de volume de l'eau,

d, le poids de l'unité de volume de la dissolution saline,

D le poids de l'unité de volume du liquide, dans lequel l'instrument affleure à la division n,

V, le volume de l'instrument jusqu'à zéro,

v, le volume compris entre deux divisions consécutives.

Le poids de l'eau déplacée par l'instrument est Ve, celui de la dissolution saline est $(V-15v)\ d$, et celui du liquide $(V-nv)\ D$; on a donc :

$$Ve=(V-15v)\ d$$
$$Ve=(V-nv)\ D$$

d'où:

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{V}{v} - 15\right)\frac{d}{e}$$

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{V}{v} - n\right)\frac{D}{e}$$

On voit que la première fait connaître le rapport $\frac{V}{v}$ et qu'en portant dans la seconde, on en déduit $\frac{D}{e}$, c'est-à-dire la densité du liquide par rapport à l'eau.

De la seconde équation on tire, en supposant $e=1$,

$$D = \frac{\frac{V}{v}}{\frac{V}{v} \pm n}$$

Les signes — et + correspondent au cas des liquides plus denses ou moins denses que l'eau.

$\frac{V}{v}$ est ce que nous avons appelé le *module* ou la *caractéristique* de l'instrument. Nous croyons intéressant de donner, en fonction du module, les formules qui conduisent à la détermination de la densité quand on emploie les aréomètres qui sont d'un usage courant dans les divers pays:

Aréomètre hollandais officiel.... $D = \frac{144}{144 \pm n}$

Aréomètre Beck (Allemagne)..... $D = \frac{170}{170 \pm n}$

Aréomètre Twaddle (Angleterre). $D = \frac{200}{200 \pm n}$

Aréomètre Brix (Allemagne)..... $D = \frac{400}{400 \pm n}$

VOLUMÈTRES. — DENSIMÈTRES.

Ce sont des aréomètres rationnellement gradués, qui donnent à simple lecture, soit le volume, soit la densité.

Les premiers sont appelés volumètres, les seconds sont désignés sous le nom de densimètres.

Volumètres. — On en construit de deux sortes:

1° Les uns pour les liquides plus denses,

2° Les autres pour les liquides moins denses que l'eau.

Liquides plus denses que l'eau. — On règle l'appareil de manière qu'il s'enfonce dans l'eau pure jusqu'au haut de la tige, où l'on marque 100. On détermine un deuxième point en plongeant l'instrument dans un mélange d'eau et d'acide sulfurique, dont la densité soit par exemple égale à 1,25. A cette densité, correspond le volume $\frac{100}{1,25} = 80$. On divise en 20 parties égales l'intervalle entre les deux points, et on prolonge les divisions jusqu'au bas de la tige.

Liquides moins denses que l'eau. — Ici le point 100 est au bas de la tige, on se procure un liquide dont la densité soit égale à $0,80 = \frac{4}{5}$; on y plonge le tube volumétrique et on note le point d'affleurement; on y marque le chiffre $125 = 100 \times \frac{5}{4}$, on divise l'intervalle en 25 parties égales, et les divisions sont prolongées jusqu'au haut de la tige.

Généralement, la graduation est faite sur une bande de papier que l'on colle dans l'intérieur du tube.

La densité se déduit de la division n du point d'affleurement par la formule

$$D = \frac{100}{n}$$

Densimètres. -- La graduation densimétrique se déduit de la graduation volumétrique, d'après la relation :

$$D = \frac{100}{n}$$

En effet, supposons que l'instrument plongé dans un liquide s'y enfonce jusqu'au degré volumétrique n, cela veut dire que n cent. cubes ont exactement le même poids que 100 cc. d'eau, et comme à poids égal les densités sont en raison inverse des volumes, la densité du nouveau liquide, comparée à celle de l'eau prise pour unité, sera :

$$1 \times \frac{100}{n} = \frac{100}{n} = D$$

Il suffit donc de construire une table donnant pour les divisions successives du volumètre les valeurs de ces quotients, c'est-à-dire les densités correspondantes, ou bien de marquer ces nombres sur l'instrument lui-même qui prend alors le nom de densimètre.

A l'aide d'une construction géométrique, on peut trouver le point d'affleurement d'un volumètre dans un liquide dont la densité est connue, ou réciproquement trouver la densité connaissant le point d'affleurement.

Prenons par exemple l'acide sulfurique dont la densité est égale à 1,84.

Élevons au point O (fig. 1), milieu de l'instrument, une perpendiculaire, et prenons 2 longueurs égales OD et OC. Joignons BC et prolongeons d'une quantité BE = BC ; si on divise EC en 200 parties égales, le nombre 184 se trouvera

par exemple en F ; menons DF qui coupera BA en P. Le point P est l'affleurement cherché.

En effet, les 2 triangles DPA et BPF étant semblables, on a :

$$\frac{AP}{BP} = \frac{AD}{BF} \quad \text{ou} \quad \frac{AP}{AP + BP} = \frac{AD}{AD + BF}$$

d'où

$$\frac{AP}{AB} = \frac{100}{184} = \frac{1}{1,84}$$

Balance de Jolly. — L'instrument que Jolly a imaginé pour déterminer rapidement la densité des corps, n'est autre chose qu'un dynamomètre sensible (fig. 2).

La partie essentielle de l'appareil est un ressort à boudin en cuivre, que l'on fixe par sa partie supérieure à une pince portée par une règle verticale, munie sur une grande partie de sa hauteur d'un miroir plan, sur lequel a été gravée une échelle en millimètres. Cette échelle sert à mesurer les quantités dont s'allonge le ressort dans les diverses circonstances de l'expérience. A l'extrémité inférieure du ressort, on suspend un système de deux plateaux superposés, l'un supérieur en métal, l'autre inférieur en verre et destiné à être constamment plongé dans un vase, que l'on place à la hauteur voulue, en faisant mouvoir et fixant ensuite par une vis de pression une petite plate-forme qui peut courir le long de la règle verticale. Le fil qui supporte le système des deux plateaux est muni d'un index en porcelaine. On mesure l'allongement du ressort, en notant les divisions en face desquelles se trouve successivement l'index dont nous venons de parler ; les divisions sont déterminées d'ailleurs avec exactitude, en plaçant l'œil de telle sorte que l'index et son image soient rigoureusement superposés, et notant le numéro du trait de l'échelle qui est rencontré par la ligne horizontale ainsi déterminée.

Le mode opératoire est le suivant :

1° Faire plonger le plateau inférieur dans l'eau, et marquer la division n qui se trouve en face du point de repère ;

2° Placer sur le plateau supérieur le corps dont on cherche la densité, et voir la nouvelle division n', qui est en face du repère après l'allongement subi par le ressort ;

3° Mettre le corps dans l'eau distillée sur le plateau inférieur et noter encore la division n'', en face de laquelle le point de repère s'arrête.

Comme l'allongement d'un ressort tel que celui que l'on emploie est proportionnel au poids tenseur, les poids du corps dans l'air et dans l'eau seront proportionnels à $n'-n$ et $n''-n$, le poids de l'eau déplacée sera lui-même proportionnel à $n' - n''$; or, la densité étant un rapport de poids, il n'est pas nécessaire de connaître ces poids en valeur absolue ; il suffit d'avoir deux nombres qui leur soient proportionnels.

La densité sera donc :

$$D = \frac{n'-n}{n'-n''}$$

VOLUMÉNOMÈTRE.

Lorsque les corps solides dont on a à prendre la densité ne peuvent supporter l'immersion dans aucun liquide, lorsqu'il s'agit par exemple de corps organiques, on ne peut avoir la densité par aucun des procédés décrits. On y parvient à l'aide d'un appareil appelé voluménomètre.

Le voluménomètre est une modification d'un appareil imaginé autrefois par le capitaine Say (1), et désigné par lui sous le nom de stéréomètre.

(1) *Annales de chimie.* t. XXIII, p. 1.

M. Regnault a rendu son emploi plus pratique et plus commode en le modifiant (1).

L'appareil (fig. 3) se compose d'un ballon destiné à recevoir la substance dont on veut mesurer le volume, et d'un manomètre à deux branches, muni à sa partie inférieure d'un robinet à trois voies, qui permet d'établir la communication entre ces branches ou de faire couler au-dehors seulement le mercure contenu dans M.

Cette branche M présente vers sa partie supérieure un renflement, et on trace sur sa surface deux points de repère bb', aa'.

Le ballon A peut être adapté au manomètre à l'aide d'une monture métallique.

Pour obtenir la densité d'un corps pulvérulent, on détermine d'abord son poids au moyen de la balance, on l'introduit ensuite dans le ballon A que l'on adapte à l'appareil. Le robinet r étant ouvert, on verse alors du mercure dans le manomètre jusqu'au trait de repère aa', les deux colonnes sont de niveau. Si l'on désigne par V le volume du ballon et des tubes jusqu'en aa', par x le volume inconnu du corps, on a isolé ainsi une masse d'air dont le volume est $V - x$ sous la pression atmosphérique H. On ferme le robinet r, on fait couler le mercure de manière à amener le niveau en bb', et on mesure la différence h des deux niveaux. Si l'on désigne par v le volume compris entre les traits aa', bb', on voit que la masse d'air a pris un volume $V - x + v$ sous la pression $H - h$.

D'après la loi de Mariotte, on a :

$$(V - x)H = (V - x + v)(H - h) \quad \text{d'où} \quad x = V - v\frac{H - h}{h}$$

Quant à la détermination des volumes V et v, on peut mesurer directement v, une fois pour toutes, en remplissant

(1) *Annales de physique et de chimie*, 3me série, t. XIV, p. 207.

l'appareil de mercure jusqu'au trait aa', et en plaçant le robinet de manière à ne laisser écouler le liquide que de la branche de droite ; en arrêtant l'écoulement au moment où le mercure sera descendu en bb' et déterminant le poids du mercure, on en tire le volume v.

Connaissant v, pour avoir V il suffit de faire une expérience sans mettre aucun corps dans le ballon ; en opérant comme il a été dit, si on appelle h la différence des niveaux, on a :

$$(V + v)\ (H - h) = VH \qquad \text{d'où} \qquad V = v\frac{H - h}{h}$$

M. Rudorff (1) a fait construire un voluménomètre complètement en verre et dont le maniement est plus facile que celui de Regnault. Le réservoir dans lequel on met le corps en poudre est fermé d'un bouchon creux en verre, muni d'un robinet.

La théorie de cet appareil est complètement analogue à celle de l'instrument de Regnault.

Outre son usage pour la détermination des corps en poudre, le voluménomètre a servi à M. Buiguet (2) pour la mesure de la densité de l'eau dans les sels cristallisés.

Nous dirons plus loin, à propos de la sensibilité comparée des divers procédés densimétriques, quels sont les inconvénients du voluménomètre.

APPAREIL MALLET ET BIANCHI

Pour les poudres de guerre que l'on ne peut mettre en contact avec un liquide, on emploie un appareil spécial dû à MM. Mallet et Bianchi.

(1) Fr. Rudorff. *Annalen der Physik und Chemie*, nouvelle série, t. VI, 1879, et *Journal de Physique*, t. VIII, 1879.

(2) H. Buiguet, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 3me série, t. XL, 1861.

C'est un réservoir ovoïde, muni à chaque extrémité d'un robinet en fer. Plaçant ce réservoir verticalement au-dessus d'une cuve à mercure et le surmontant d'un tube relié à une machine pneumatique, on le remplit complètement de mercure par aspiration, on ferme les robinets et on le porte sur une balance, soit P son poids. On vide l'appareil, on y introduit un poids de poudre p, on le remplit de nouveau de mercure, on le pèse, soit P' le nouveau poids:

$$D = \frac{p}{P-(P'-p)}$$

PROCÉDÉ DE PETROUCHEWSKI

Pour déterminer la densité de l'acier en fusion, M. Petrouchewski (*Journal de Physique*, 1881) propose de faire plonger dans le bain de métal fondu l'orifice d'un tube en porcelaine à une profondeur connue, et de comprimer l'air jusqu'à ce qu'il commence à monter en forme de bulles à la surface.

En ce moment l'excès, mesuré par un manomètre, de la pression de l'air dans le tube sur la pression atmosphérique, fait équilibre à une colonne de métal fondu égale à la longueur du tube plongé dans le bain.

L'expérience a été faite par M. Alexeef, directeur des usines à canons de Perni.

La densité de l'acier ainsi obtenue est de 8,05, c'est-à-dire plus grande que celle de l'acier solide.

PROCÉDÉ DE BABINET ET DE BOYLE.

Pour mesurer la densité des liquides, si on en possède une quantité notable, on peut user d'une méthode expéditive

fondée sur ce principe : que les hauteurs de deux colonnes liquides, qui font équilibre à une même pression, sont en raison inverse des densités.

Les appareils construits sont ceux de Babinet et de Boyle, peu usités, et sur lesquels nous ne nous étendrons pas davantage.

CORPS SOLUBLES DANS L'EAU.

Quand les corps sont solubles dans l'eau, aucun des procédés précédents ne peut être mis en pratique pour déterminer le poids spécifique ; on cherche alors un liquide dans lequel ils ne soient pas solubles.

On prend d'abord la densité du corps par rapport à ce liquide

$$D = \frac{P}{P'}$$

puis la densité du liquide par rapport à l'eau

$$D = \frac{P'}{P''}$$

en multipliant, on a la densité du corps par rapport à l'eau :

$$D = \frac{P}{P'} \times \frac{P'}{P''} = \frac{P}{P''}$$

CORPS POREUX.

Pour les substances poreuses, il y a ambiguité dans l'expression du volume, car on peut considérer le volume extérieur du fragment ou bien son volume réel, lequel est égal

au volume apparent, diminué du volume des pores Il y a donc deux densités, l'une apparente, l'autre absolue.

La première se détermine en couvrant le corps d'un vernis imperméable, pour empêcher l'absorption de l'eau; pour la seconde, on mesure le volume des pores en pesant le corps d'abord sec, puis imbibé d'eau. La différence des poids exprime le poids de l'eau qui remplit les interstices et par suite le volume. Le volume réel s'obtient dès lors par soustraction.

On peut, au moyen du procédé suivant (1), sans avoir besoin de recouvrir le corps d'un vernis imperméable, trouver à la fois et la densité apparente et la densité absolue; il comprend 3 opérations :

1° Prendre un fragment du corps poreux sur lequel doit porter l'essai, déterminer son poids p dans l'air.

2° Placer le corps poreux dans une soucoupe contenant de l'eau, la substance s'en imbibe, on enlève avec un papier à filtrer le liquide surabondant, et on détermine le nouveau poids p'.

$p' - p$ exprime le poids de l'eau qui remplit les pores, et si d est la densité qu'elle présente à la température t, $\frac{p' - p}{d}$ exprimera la capacité de ces pores à la température t.

3° Faire plonger dans l'eau le corps poreux imbibé d'eau et déterminer le poids p''.

$p' - p''$ exprime la perte de poids due à la poussée, et par suite le poids d'un volume d'eau égal au volume apparent du corps plongé.

C'est à l'aide de ces trois données et de deux formules

(1) H. Buiguet, *Manipulations de Physique.*

très simples que l'on obtient à volonté, soit la densité apparente A, soit la densité absolue D.

La première est donnée par la formule $A = \frac{p}{p' - p''}$

La seconde a pour expression $D = \frac{p}{p - p''}$

Il est facile de voir, en effet, que si $p' - p''$ représente le volume apparent, $p - p''$ représente le volume réel. Le volume extérieur $p' - p''$ est trop grand de tout le volume occupé par les pores, lequel est égal à $p' - p$. Le volume réel est donc $p' - p'' - (p' - p) = p' - p'' - p' + p$, ou $p - p''$.

M. Fleury (1) a fait connaître dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*, un nouveau procédé pour trouver la densité des corps poreux, tels que les bois et les pierres.

Il les plonge dans du mercure, et prend le poids du métal déplacé.

On a un tube de verre AB (fig. 5), dont le diamètre est environ de 22 millimètres. On le ferme par un bouchon que traverse un tube capillaire CD. L'orifice est situé vers le tiers supérieur de AB Il faut avoir soin de façonner le corps sur lequel on agit sous forme de prisme octogone terminé par une pyramide à huit faces, et de déterminer préalablement son poids P. On remplit l'appareil de mercure jusqu'à ce que qu'il s'écoule par le tube capillaire, puis on immerge graduellement le prisme dans le métal, en fermant avec le doigt l'ouverture D. On laisse alors couler le mercure dans un vase, et l'on détermine son poids π ; soit δ sa densité.

La densité du corps est $D = \frac{P}{\frac{\pi}{\delta}} = \frac{P\delta}{\pi}$

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. x.

Si l'on fait trois opérations successives pour en prendre la moyenne, les trois nombres trouvés pour π, ne diffèrent pas généralement de plus de 1 gramme.

Il ne s'agit, dans ces déterminations, que de la densité apparente.

SENSIBILITÉ DES DIVERS PROCÉDÉS

Après avoir décrit les divers modes de détermination des densités, il est au moins utile d'indiquer d'une manière générale le degré de confiance qu'on doit accorder aux principaux d'entre eux. On peut prendre pour mesure de la sensibilité d'un procédé, l'approximation avec laquelle il permet d'obtenir les poids dont on cherche le rapport.

La méthode du flacon est la meilleure de toutes, mais son exactitude dépend évidemment de la sensibilité de la balance employée.

A égalité de sensibilité absolue de la balance employée, la méthode hydrostatique est inférieure à celle du flacon, à cause du frottement qui existe entre le corps plongé et l'eau environnante; ce frottement doit évidemment diminuer l'amplitude des oscillations de la balance et les éteindre rapidement, d'où diminution de la sensibilité. En général, d'ailleurs, les balances dites hydrostatiques ne pèsent pas à moins de 0 gr. 01 près, et n'ont par suite qu'une sensibilité médiocre; ajoutons que le couteau de ces balances s'émousse assez rapidement, à cause des trépidations, au moins lorsque le fléau est soulevé par une crémaillère; à ce point de vue, il est préférable d'avoir, comme cela se fait aujourd'hui, une petite crémaillère séparée que l'on suspend au-dessous de l'un des plateaux de la balance.

La balance de Mohr est plus sensible que la balance hydrostatique et donne des résultats plus précis.

L'emploi de l'appareil de Jolly, si nous en jugeons du moins par les résultats que nous a fourni l'exemplaire de l'Ecole de Pharmacie de Montpellier, permet d'obtenir le poids d'un corps à 0 gr. 01 près, au moins lorsque le poids ne dépasse pas 6 à 7 gr. Nous avons constaté en effet que l'allongement des divers ressorts, pour une surcharge de 1 gr., variait, suivant le ressort employé, de 67 à 110 divisions, ce qui montre qu'une surcharge de 0 gr. 01 produit un allongement parfaitement appréciable de 1 division environ, résultat que nous avons vérifié directement. Il importe de remarquer encore que le ressort arrive très rapidement à son état d'équilibre, sans effectuer, comme on pourrait s'y attendre, une série d'oscillations dans le sens vertical ; ce fait, évidemment dû au frottement qui s'exerce entre l'eau et le plateau de verre qui reste constamment plongé dans le liquide, rend l'opération très rapide. Il est à peine utile de faire remarquer que le plateau de verre doit être immergé assez pour que le niveau du liquide arrive au-dessus du point de réunion des trois fils qui soutiennent le plateau ; si le niveau de l'eau était au-dessous de ce point de réunion, il pourrait se former entre les trois fils bifurqués des lamelles liquides dont la tension, dirigée de haut en bas, provoquerait un excès d'allongement qui, dans nos expériences, a atteint 7 divisions, ce qui fausserait notablement les résultats. Enfin, il importe de ne pas faire supporter aux divers ressorts un poids trop considérable, afin de ne pas dépasser la limite d'élasticité ; il se produirait, sans cette précaution, un allongement permanent et il n'y aurait plus alors proportionnalité entre l'allongement et le poids; le principe même de l'appareil serait faussé.

En résumé, l'emploi de l'appareil de Jolly constitue un procédé de détermination très rapide et assez sensible pour qu'on doive le préférer à ceux fournis par la balance hydrostatique et les aréomètres.

Quant à ces derniers instruments, leur sensibilité est essentiellement variable et dépend du diamètre de la tige. En effet, pour une même variation de charge (aréomètres à poids variable) ou pour une même variation de densité du liquide dans lequel on le plonge (aréomètres à poids constant), le point d'affleurement de l'instrument varie d'une quantité d'autant plus grande, que sa tige est plus mince; d'où un moyen d'augmenter la sensibilité des aréomètres au dépend, il est vrai, de leur solidité, ce qui n'est pas, hâtons-nous de le dire, un inconvénient scientifique.

Nous dirons bientôt pour quelles autres raisons la sensibilité d'un aréomètre ne peut pas être indéfiniment accrue, en faisant décroître le diamètre de la tige. Signalons auparavant la difficulté que l'on éprouve à déterminer, avec exactitude, la division d'affleurement. Un ménisque liquide, en effet, se forme tout autour de la tige de l'aréomètre, et l'on doit d'abord convenir de ce que l'on considère comme point d'affleurement; ce n'est d'habitude ni le niveau horizontal du liquide dans le vase, ni l'extrémité supérieure du ménisque soulevé contre la tige, mais le milieu entre ces deux points. Quel que soit d'ailleurs le point choisi comme point d'affleurement, la difficulté sera toujours de lire avec exactitude la division de la tige qui lui correspond.

M. G. Quesneville, à propos de recherches sur le lait publiées dans le N° de Juin 1884 du *Moniteur scientifique*, Quesneville s'est proposé, il est vrai, de faire disparaître cette difficulté et a indiqué deux méthodes propres à déterminer rigoureusement le point d'affleurement d'un aréomètre; nous ne décrirons pas ces méthodes, bien que M. G. Quesneville affirme, qu'en les employant, on obtiendra «des résultats tout aussi précis, et pour certains liquides complexes, comme

le lait (1), plus exacts que ceux fournis par la méthode du flacon.» C'est qu'en effet, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il existe une cause d'erreur «devinée théoriquement par Langberg (2),» et très nettement mise en évidence par Duclaux dans son mémoire: *De l'influence de la tension superficielle des liquides sur les mesures aréométriques* (3), que nous croyons devoir résumer:

On sait que la couche superficielle de tout liquide en équilibre, se trouve dans un état de tension qui résulte, d'après Dupré, de l'excès d'attraction de haut en bas, de la part des molécules sous-jacentes sur la molécule superficielle, sur les attractions latérales. Quoi qu'il en soit de l'origine de cette tension, elle existe, et on peut la mettre en évidence par de nombreuses expériences; on a une mesure de cette constante physique, que l'on représente par la lettre *f*, par le nombre de milligr. nécessaires pour séparer la couche liquide superficielle sur une longueur de 1^{mm}; cette détermination peut se faire au moyen de diverses méthodes expérimentales simples.

Lorsqu'un aréomètre est en équilibre dans un liquide après avoir été plongé jusqu'au-dessus du point définitif d'affleurement, condition indispensable à l'exactitude des déterminations, une mince couche de liquide reste accolée à la tige de l'instrument avec lequel elle fait corps, et le ménisque soulevé est comme accroché à cette couche liquide, avec laquelle il se raccorde suivant une section droite de la tige,

(1) Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que, *à priori*, c'est précisément pour des liquides complexes comme le lait, que toute méthode densimétrique, fondée sur le principe d'Archimède, perd de sa valeur. Ce principe en effet n'est applicable qu'aux liquides, homogènes même si on les considère sous des volumes très petits. Les émulsions en général et le lait en particulier sont-ils dans ce cas? On peut tout au moins faire, *à priori*, quelques réserves. (A. I).

(2) *Annales de Poggendorff*, t. CVI, p. 229.

(3) *Journal de Physique*, t. I, p. 197.

c'est-à-dire sur une longueur de $2\pi r$, r étant le rayon de la tige en millimètres. L'aréomètre se trouve dès lors soumis, sur toute la longueur $2\pi r$, à l'effet de la tension superficielle du liquide, dont la résultante $2\pi rf$ tend à enfoncer l'instrument dans le liquide. L'équation d'équilibre de l'aréomètre sera donc:

$$P + 2\pi rf = v\Delta$$

en représentant par v le volume de l'aréomètre immergé, et par Δ la densité du liquide. Dans un autre liquide de densité Δ' et de tension superficielle f', et pour lequel le volume immergé sera v', l'équation d'équilibre sera:

$$P + 2\pi rf' = v'\Delta';$$

de là, on tire:

$$\frac{P + 2\pi rf}{P + 2\pi rf'} = \frac{v\Delta}{v'\Delta'}$$

On voit que les volumes immergés v et v' ne sont en raison inverse des densités Δ et Δ', comme on le suppose d'habitude, qu'autant que $f = f'$, c'est-à-dire que les liquides dans lesquels on plonge l'aréomètre, ont même tension superficielle. Donc les seuls aréomètres, dont la théorie telle qu'on la donne ordinairement soit exacte, sont ceux qui doivent toujours être plongés dans le même liquide (aréomètres Paquet, Rousseau), ou du moins dont chaque division indique le point d'affleurement dans un liquide toujours le même (alcoomètre). Or, tel n'est pas le cas du lactodensimètre, à propos duquel M. G. Quesneville a imaginé des méthodes rigoureuses de détermination du point d'affleurement, puisque la densité du lait varie suivant sa composition, et avec les fraudes qu'on lui fait subir.

Toutefois, pour justifier la conclusion que nous venons de donner, il faut montrer que les termes $2\pi rf$, $2\pi rf'$ qui entrent dans l'équation d'équilibre ne sont pas négligeables. Or, il

résulte des recherches de Duclaux que pour un densimètre de Gay-Lussac l'effet de la capillarité était de $^{85}/_{10000}$ du poids total, dans un pèse-acides les $^{16}/_{1000}$ et dans un alcoomètre sensible les $^{4}/_{1000}$; pour ce dernier instrument, Duclaux a calculé que si la tension superficielle de l'eau venait à disparaître, la longueur de la tige qui sortirait du liquide serait de 18 millim. « Les effets de la capillarité rendent illusoires, avec cet instrument, la troisième décimale pour les liquides ayant à peu près la même densité que l'eau. Dans le pèse-acides cité plus haut, la variation est encore plus sensible et atteint le chiffre des centièmes. » Ajoutons que « la hauteur d'émersion pour une variation déterminée de la tension superficielle est d'autant plus grande, que le rayon de la tige est plus petit, c'est-à-dire que l'instrument est plus sensible. »

En présence de conclusions si affirmatives, il y a lieu de s'étonner que M. G. Quesneville n'ait pas au moins parlé de l'existence de cette cause d'erreur et n'ait pas calculé la valeur que peut acquérir le terme $2\pi rf$ dans le cas particulier qui l'occupait, et cela d'autant plus que la correction à laquelle il est conduit par l'emploi de l'une de ses méthodes de précision de lecture, est de deux unités du 4^{me} ordre décimal (lecture directe du point d'affleurement 1,0295, densité corrigée 1,0297).

Nous aurons encore à citer l'intéressant mémoire de Duclaux, à propos de l'alcoomètre de Gay-Lussac.

Quant au voluménomètre, il offre plusieurs inconvénients :

1° Les corps en poudre condensent les gaz en quantité variable suivant la pression; donc, on n'a pas toujours la même masse gazeuse dans l'appareil, et la loi de Mariotte que l'on invoque n'est pas applicable;

2° Les indications de l'instrument sont faussées par des variations même faibles de température, la pression de l'air changeant de quantités appréciables par de faibles variations de température.

APPLICATIONS.

Nous avons dit en commençant que la densité étant une constante physique, sa détermination suffisait pour caractériser un corps et s'assurer de sa pureté au moins dans certains cas. Il peut se faire, en effet, et c'est le cas du lait, que les falsifications opérées soient faites habilement et que la densité du corps fraudé soit la même que celle du corps pur; la détermination de la densité est ainsi rendue absolument illusoire. Mais même dans le cas où l'on se borne à cette recherche analytique, elle peut au contraire être utile encore, pour déterminer la proportion suivant laquelle les corps étrangers ont été introduits par fraude, si on a préalablement effectué, par un autre procédé, l'analyse qualitative du mélange.

Soient, par exemple, deux corps de densité d et d', mélangés dans la proportion de v à v' pour former un volume V de mélange; nous supposons bien entendu qu'il n'y ait pas contraction de volume. Représentons par D la densité du mélange, déterminée par l'une des méthodes exposées; on a dans ce cas:

$$(1)\quad VD = vd + v'd'$$

$$(2)\quad V = v + v'$$

d'où on tire

$$\frac{v}{v'} = \frac{d' - D}{D - d} \quad (3)$$

équation qui fera connaître la proportion suivant laquelle les deux corps ont été mélangés.

Ce procédé d'analyse est très ancien; c'est en somme celui qu'employa Archimède pour reconnaître si la couronne du roi de Syracuse était en or pur.

On voit, par ce qui précède, que la détermination des densités constitue surtout un procédé d'analyse quantitative, lorsqu'on connaît préalablement la composition qualitative du mélange sur lequel on opère.

M. Imbert nous a fait remarquer que l'on pourrait, dans une certaine mesure, utiliser la détermination des constantes physiques en général comme procédé d'analyse qualitative, en même temps que quantitative, dans quelques cas particuliers où les procédés chimiques, plus rapides en général, sont en défaut.

On opérerait pour cela de la manière suivante, ajoutons une restriction encore, quand la chose est possible : on connaît en général les corps employés comme falsification ; la détermination de l'une des constantes physiques du corps à étudier, la densité pour fixer les idées, nous apprendra si le corps est pur et dans le cas contraire, au moyen de la formule précédente (3), nous pourrons déterminer la composition quantitative du mélange, en admettant, sous bénéfice de vérification, que la fraude a été faite avec tel des corps habituellement employés. Pour vérifier cette hypothèse complètement gratuite, nous ajouterons au mélange à analyser une quantité du corps, dont nous supposons la présence, égale par exemple à celle que nous croyons y exister. Nous pouvons dès lors calculer à l'avance, au moyen des formules (1) et (2), la valeur que prend dans ces conditions la densité du mélange préparé. Si cette densité déterminée par l'expérience est égale à celle que donnent les formules, notre hypothèse est vérifiée ; dans le cas contraire, nous devrons recommencer les déterminations, en partant de cette autre supposition que la fraude a été commise avec tel autre corps que l'on peut employer à cet usage.

Ce procédé conduirait en général sûrement au résultat, si la falsification n'était jamais obtenue que par l'addition d'un seul corps étranger. On voit, d'ailleurs, à quelles conditions il

faudrait préalablement satisfaire pour pouvoir l'employer. Lorsque la constante que l'on se propose de déterminer, et qui est l'analogue des réactifs utilisés dans les procédés chimiques d'analyse n'est pas susceptible, comme la densité, d'être calculée par des formules simples, il faut préalablement avoir déterminé, par l'expérience, les diverses valeurs que prend cette constante lorsqu'on ajoute au corps à étudier telle ou telle proportion de tel ou tel corps employé dans les falsifications.

Un tel procédé, à la vérité, est long, mais ajoutons, pour justifier son emploi possible, que nous nous sommes placés dans le cas, et il en existe, où les procédés chimiques se trouvent en défaut.

Si la fraude est obtenue par addition de plusieurs corps étrangers, et nous devons ajouter que malheureusement il en est souvent ainsi, le nombre de déterminations à faire, pour arriver au but de l'analyse, devient bien vite si considérable qu'il semble devoir constituer une condamnation formelle du procédé. Il ne faudrait cependant pas poser sans examen une telle conclusion. Il peut se faire, en effet, que par la détermination préalable de plusieurs constantes physiques judicieusement choisies, on soit amené à réduire à un très petit nombre les corps qui ont pu être employés dans la falsification et que le procédé recouvre par cela même sa valeur.

Ajoutons qu'une condition bien évidente d'ailleurs doit encore être remplie; la constante physique, sur la détermination de laquelle le procédé d'analyse est basé, doit présenter des différences notables pour les divers corps employés comme falsifications, et sa mesure doit être facilement obtenue, ce qui est le cas, en général, de la densité, de la tension superficielle, des points de solidification ou d'ébullition, de l'indice de réfraction.

Ce serait ici le cas de donner une liste des densités des

corps solides et liquides auxquels on devra comparer le nombre trouvé lorsqu'on veut s'assurer de l'état de pureté d'un corps. Nous nous en dispenserons toutefois, de semblables tableaux existant dans plusieurs ouvrages, dont quelques-uns sont le *vade-mecum* du pharmacien.

Nous nous contenterons de passer rapidement en revue les instruments spéciaux dont l'usage constitue, dans un certain nombre de cas particuliers, des procédés d'analyse fondés sur la détermination des densités.

ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL DE GAY-LUSSAC.

L'alcoomètre centésimal a été construit par Gay-Lussac en 1820; c'est un aréomètre à poids constant gradué de manière à donner la richesse en alcool des mélanges d'alcool et d'eau, pourvu qu'ils ne contiennent aucune autre matière.

La graduation a été faite à la température de 15° centigrades.

On leste l'instrument de telle façon que dans l'alcool absolu il plonge jusqu'au sommet de la tige, là on marque 100; puis on fait une solution alcoolique contenant en volume 95 d'alcool pour 100, on agite le mélange qui subit une contraction marquée, et l'on ajoute de l'eau jusqu'a ce que toute contraction ayant cessé, le volume soit exactement égal à 100. Au point d'affleurement, on marque 95. Ainsi de suite, en préparant de la même manière des mélanges d'alcool et d'eau aux titres de $\frac{90}{100}$ $\frac{85}{100}$ $\frac{80}{100}$ etc. On obtient donc sur la tige des points de repère 95, 90, 85, 80, etc. qui, étant très rapprochés, permettent sans erreur sensible de partager en cinq

parties égales l'intervalle compris entre deux points consécutifs.

Il est intéressant de remarquer que les degrés de l'alcoomètre ne sont pas également espacés, que les divisions de 0 à 20 diminuent, qu'elles sont égales de 20 à 30 et qu'elles augmentent de 30 à 100.

On a attribué d'abord ces faits au phénomène de contraction de volume qui accompagne tout mélange d'alcool et d'eau, mais cette explication, outre qu'elle est vague, n'est pas exacte, ainsi que l'a fait remarquer Duclaux.

En effet, s'il n'y avait pas contraction, les divisions devraient aller en augmentant du point 0 au point 100, comme cela arrive pour les densimètres en général ; la contraction, qui est maximum pour l'alcool à 54, augmente de quantités croissantes la densité des mélanges dont le titre est inférieur à 54; par suite, les intervalles de divisions qui correspondent à ces mélanges, seront plus petits qu'ils ne seraient si la contraction n'existait pas ; pour les mélanges dont le titre est compris entre 54 et 100, au contraire, la contraction allant en diminuant, il doit en résulter pour les divisions correspondantes, une augmentation de longueur. Il n'y a donc rien dans le phénomène de contraction qui puisse rendre rigoureusement compte des particularités que présente l'échelle d'un alcoomètre. Duclaux en trouve au contraire l'explication dans l'influence de la tension superficielle sur le point d'affleurement de l'instrument: «la tension superficielle varie beaucoup, quand on passe de l'eau aux alcools faibles. L'alcoomètre se relève d'abord plus qu'il ne ferait, seulement en vertu de la variation de la densité. Les dégrés inférieurs de l'échelle sont donc tous un peu trop haut. Par contre, les dégrés supérieurs occupent à peu près leurs places relatives, la variation de tension étant faible pour les alcools concentrés. Il faut donc qu'il y ait entre ces deux extrêmes des échelons

plus rapprochés les uns des autres qu'ils ne seraient, s'il n'y avait pas de tension superficielle.»

Dans les Charentes, on emploie encore couramment l'aréomètre Tessa. Si on le compare à l'alcoomètre centésimal, on trouve que le mélange d'eau et d'alcool qui marque 0 Tessa à 10° Réaumur, accuse à peu près 45° centésimaux à 15° (Bernard, *Alcoométrie*, Paris, Gauthier-Villars, 1875).

En Angleterre, on fait principalement usage de l'hydromètre de Clarke ou de Sike. C'est un aréomètre en métal, à tige divisée en 10 parties égales (subdivisées en dixièmes), et pouvant recevoir une série de poids additionnels réglés de sorte que l'affleurement ayant lieu au point 10 avec l'un des poids, se produit au 0 avec le poids immédiatement supérieur. La graduation est descendante.

Le liquide pris pour type est l'esprit de preuve tel que, à la température de 51° Fahrenheit (10°55), 13 volumes de cet esprit pèsent autant que 12 volumes d'eau, ce qui représente un alcool à 57°2 centésimaux.

Dans un alcool donné, l'affleurement étant établi avec le poids additionnel convenable et la température relevée au thermomètre Fahrenheit, une table jointe à l'instrument indique la valeur pour 100 au-dessus ou au-dessous de preuve; l'expression 23 pour 100 par exemple, signifiant que le liquide peut fournir les 123 centièmes de son volume en esprit de preuve, ou les $123 \times 0{,}572 = 70{,}4$ centièmes d'alcool pur.

Construction de l'alcoomètre au moyen d'un étalon. — Quand on est arrivé à graduer exactement un alcoomètre étalon, on peut construire un nombre illimité d'alcoomètres aussi précis que celui qui a servi de modèle.

On leste le tube alcoométrique qu'il s'agit de graduer, de

telle sorte que le point d'affleurement dans l'eau distillée à + 15° soit placé au bas de la tige, puis on introduit dans le tube une échelle à divisions arbitraires. On le plonge ensuite, comparativement avec l'étalon, dans l'eau distillée à + 15, et dans l'alcool ordinaire à + 15°. On note les 2 degrés indiqués par l'étalon, soit 0 dans le premier cas, et 90 dans le second, on marque en même temps les deux divisions de l'échelle qui correspondent à ces degrés.

On n'a plus maintenant qu'à construire l'échelle définitive à l'aide de ces données, en s'appuyant sur la loi des triangles semblables.

Pour cela, on trace sur une feuille de papier deux lignes inclinées (fig. 4) partant du même sommet. Sur l'une, on reproduit toutes les divisions de l'étalon, et sur l'autre, les deux points de l'échelle arbitraire 0 et 90. Le zéro pour les deux lignes se trouvant au point d'intersection commun, on joint les deux points 90 de l'étalon et de l'échelle arbitraire et on tire autant de droites parallèles à cette ligne qu'il a de divisions sur l'échelle étalon. Il est évident, d'après la loi des triangles semblables, que la seconde ligne est partagée en parties qui sont toutes proportionnelles à celles de la première

On introduit ensuite l'échelle définitive ainsi déterminée dans l'intérieur du tube, et on l'assujettit dans la position qu'elle doit avoir.

Duclaux, dans le mémoire que nous avons eu plusieurs fois l'occasion de citer, a montré que ce procédé de graduation n'est théoriquement exact que dans certaines conditions spéciales.

Soient en effet, P et p les poids de l'alcoomètre étalon et de l'alcoomètre à construire, R et r les rayons de leur tige, V et V', v et v' les volumes immergés des deux instruments dans deux mélanges alcooliques de densité d et d' et de

tension superficielle f et f'; les équations d'équilibre des deux instruments seront :

$$P + 2\pi R f = Vd \qquad p + 2\pi r f = vd$$
$$P' + 2\pi R f' = V'd' \qquad p + 2\pi r f' = v'd'$$

de là, on tire :

$$\frac{V}{V'} = \frac{d'}{d}\,\frac{2\pi R f + P}{2\pi R f' + P}$$

et

$$\frac{v}{v'} = \frac{d'}{d}\,\frac{2\pi r f + P}{2\pi r f' + P}$$

Le mode de graduation que nous avons décrit suppose que l'on a :

$$\frac{V}{V'} = \frac{v}{v'}$$

La graduation ne sera donc exacte, qu'autant que l'on a :

$$\frac{2\pi R f + P}{2\pi R f' + P} = \frac{2\pi r f + P}{2\pi r f' + P}$$

d'où l'on tire :

$$\left(\frac{P}{R} - \frac{p}{r}\right)(f - f') = 0$$

comme f est différent de f', cette équation de condition n'est satisfaite que si l'on a :

$$\frac{P}{R} = \frac{p}{r}$$

Il faut donc que les poids des aréomètres, supposés cylindriques, soient proportionnels aux rayons de leurs tiges. Comme il n'en est pas généralement ainsi, il faudra, au lieu de déterminer par comparaison deux points seulement de l'échelle de l'alcoomètre à construire, en déterminer un plus grand nombre; si ces points sont assez rapprochés, les divisions intermédiaires seront aussi exactes qu'on peut le désirer.

Comme nous l'avons dit, l'alcoomètre a été construit à la température de +15; par conséquent, il ne donne des indications exactes qu'à cette température. Lorsque les mesures se font à une température différente, il faut recourir aux tables de Gay-Lussac; cette nécessité d'y recourir a paru une complication assez grave, et on a cherché à la supprimer. M. Francœur a bien donné une formule:

$$x = n + a\,(15 - t)$$

où x représente le degré qu'on eût observé à +15°, n le nombre fourni par l'alcoomètre, t la température de l'expérience, et a un coefficient numérique; mais cette formule ne peut pas s'appliquer avec une égale exactitude à tous les degrés de l'échelle alcoométrique, car la fraction de degré dont s'élève ou s'abaisse l'alcool essayé pour chaque unité de température au-dessus ou au-dessous de 15°, est variable avec le titre que possède cet alcool. Le nombre a (0,4), qui la représente dans la formule, ne peut être admis que pour les degrés centésimaux compris entre 30° et 45°.

L'échelle de Gay-Lussac, bien que d'un usage presque universel, offre l'inconvénient de ne fournir aucune indication précise pour le mouillage des alcools. C'est pour remédier autant que possible à cet inconvénient, que M. Lejeune, pharmacien de la marine, a eu l'idée de convertir en indications pondérales, les indications volumétriques données par l'alcoomètre de Gay-Lussac. Il a déterminé les quantités pondérales d'alcool et d'eau, correspondant à chacun des degrés de l'alcoomètre, en partant des poids spécifiques de l'eau, de l'alcool absolu et d'un mélange, en proportions volumétriques connues de ces deux liquides. Par une simple proportion, il a pu ainsi établir les quantites pondérales d'alcool absolu, contenues dans 100 gr. de chacun des mélanges correspondant aux degrés de l'alcoomètre, et construire une échelle,

dans laquelle le poids de l'eau est toujours complémentaire de celui de l'alcool.

L'échelle de Lejeune offre des avantages sur celle de Gay-Lussac; elle indique non seulement la proportion d'alcool, mais aussi celle de l'eau qui entre dans un mélange de ces deux liquides; cette indication facilite beaucoup le mouillage des alcools, c'est-à-dire leur conversion en alcools d'un titre plus faible et bien déterminé : il dispense en outre de recourir à des tables, pour la correction de la température; l'instrument porte, en effet, sur sa tige les chiffres qui représentent le coefficient *a* de la formule de Francœur pour chaque degré de l'échelle et pour chaque unité de température.

OLÉOMÈTRES.

Pour déterminer la densité des huiles, on a construit des aréomètres spéciaux nommés oléomètres. Toutes les huiles n'ayant pas le même poids, sous le même volume, pour une même température, la densité peut servir à en reconnaître la pureté, mais ces instruments sont impuissants à déceler les mélanges, et lorsqu'ils indiquent une fraude, ils ne peuvent faire connaître la nature de l'huile ajoutée. Les oléomètres les plus employés sont ceux de Lefebvre, de Laurot, de Gobley. On peut se servir aussi de l'alcoomètre de Gay-Lussac, dont les degrés correspondent à des densités déterminées, ainsi que cela a été établi par Schubler et Eugène Marchand. Massie s'est servi également d'un densimètre très précis. Dans ces derniers temps, Pinchon, pharmacien à Elbœuf, a imaginé un aréomètre thermique, que nous décrirons plus loin.

Oléomètre de Lefebvre. — C'est un aréomètre ordinaire dont le réservoir est plus grand et la tige plus longue. Celle-ci porte une échelle graduée partant du degré 9,000 qui est marqué seulement 00 (le premier et le dernier chiffre étant sous-entendus, à cause de la difficulté de les écrire, sur l'échelle) et se terminant au degré 9,400, marqué 40. Cet instrument a été gradué à + 15°, l'eau distillée étant prise pour unité et représentée par 10,000.

Les chiffres 9,000 et 9,400 sont les limites entre lesquelles sont renfermées les densités des diverses huiles commerciales, comparées à + 15 à celle de l'eau distillée prise pour unité.

A la gauche de l'échelle et en face de la densité, se trouvent les noms des huiles plus une couleur à peu près semblable à celle que prend chaque espèce sous l'influence de l'acide sulfurique concentré, d'après les observations de Heydenreich.

L'oléomètre étant gradué à + 15°, les essais doivent être faits à cette température ; cependant, pour faciliter les observations, Lefebvre a dressé des tables qui donnent les poids des différentes huiles à l'hectolitre pour des températures comprises entre — 6° et + 30°. Les corrections relatives à la température se font de la manière suivante : ajouter ou retrancher 0,001 à la densité trouvée pour chaque degré et demi au-dessous ou au-dessus de + 15°.

Oléomètre de Laurot. — Dans le but de reconnaître si une huile de colza est pure ou additionnée d'autres huiles, Laurot a imaginé un instrument qui est fondé sur cette observation : que les huiles à + 100 n'ont pas la même densité et présentent entre elles des différences très appréciables.

Élaïomètre de Gobley.— C'est un densimètre destiné à reconnaître la falsification de l'huile d'olive par l'huile d'œillette. Il est fondé sur la différence de densité qui existe entre l'huile d'olive et l'huile d'œillette, et est gradué de telle manière qu'à 12°5, température ordinaire des caves à huiles, son point d'affleurement dans l'huile d'œillette est marqué 0 en bas, et son point d'affleurement dans l'huile d'olive 50° en haut. L'intervalle entre 0 et 50 est divisé en 50 parties égales. Le degré doit être doublé, la différence pour arriver à 100° indique la quantité d'huile d'œillette contenue dans l'huile d'olive soumise à l'essai.

Densimètre de Massie. — Le *densimètre de précision* employé par Massie porte 75 divisions, correspondant aux densités 0,9000 jusqu'à 0,975. La lecture des divisions ainsi obtenues pour la température de + 15, doit se faire en haut du ménisque.

Aréomètre thermique de Pinchon. — Pinchon a construit un aréomètre destiné à montrer si une huile est pure ou impure, mais il faut, pour chaque espèce d'huile, un aréomètre qui lui est spécial, c'est là le côté défectueux de cette invention.

Cet instrument se compose d'un grand aréomètre ayant une tige mince et plate, portant des graduations qui sont liées à celle d'un thermomètre placé dans l'intérieur du flotteur.

Si les deux chiffres obtenus et sur la tige et sur le thermomètre sont semblables, c'est que l'huile est pure ; s'il y a discordance, l'huile est impure.

Procédé oléométrique de Donny. — Ce procédé très ingénieux consiste à colorer d'abord l'huile à essayer avec un peu d'orcanette et à en porter avec précaution une goutte, au moyen d'un tube effilé, au milieu d'une certaine quantité d'huile type, contenue dans une éprouvette à pied. Suivant que cette gouttelette colorée reste stationnaire, ou qu'elle s'élève ou qu'elle descend, on en conclut que sa densité est égale, inférieure ou supérieure à celle à laquelle on la compare, toutes deux prises à la même température.

LACTODENSIMÈTRE.

La falsification la plus commune du lait consiste dans la soustraction d'une partie de la crème, et dans l'addition d'une plus ou moins grande quantité d'eau. Pour reconnaître la proportion d'eau ajoutée, on peut recourir à la densité du lait, car, quand le lait est pur, il contient en moyenne 87 pour 100 d'eau, et sa densité, quoique variable, est toujours comprise entre 1,027 et 1,037, et si on l'étend d'eau, sa densité s'abaisse en raison de l'eau ajoutée. Mais les instruments basés sur la densité du lait sont en défaut toutes les fois que l'on a mis dans celui-ci, en même temps que de l'eau, du bicarbonate de soude, de la fécule, de la farine ou une autre substance analogue ; ils accusent alors une densité normale, sans déceler la nature des matières en solution ou en suspension dans le lait, qui contribuent, elles-mêmes, à lui donner cette densité.

Plusieurs instruments conduisent à une détermination prompte et rapide de la densité, celui qui a été imaginé par

Quevenne et qui porte le nom de lactodensimètre, présente des avantages particuliers.

C'est un aréomètre à poids constant, construit d'après les principes ordinaires de la graduation des densimètres. On a réglé son échelle de manière à l'appliquer au cas spécial du lait, et on a restreint l'étendue de ses indications afin de les rendre plus sensibles.

Le lactodensimètre est lesté de telle façon que l'extrémité supérieure de sa tige affleure dans un liquide ayant une densité égale à 1,014, et que l'affleurement ait lieu au bas de la tige quand le liquide, dans lequel on le plonge, a une densité de 1,040. L'échelle de l'instrument ne comprend ainsi que 26 divisions qui sont très espacées et qui correspondent à toutes les densités comprises entre 1,014 et 1,040. De chaque côté de cette échelle se trouvent placées des accolades ; celles de droite, coloriées en jaune, sont destinées aux pesées du lait non écrémé ; celles de droites, coloriées en bleu, aux pesées du lait écrémé. Dans chaque série d'accolades, la première indique si le lait est pur, et les suivantes s'il y a 1/10, 1/20, etc. d'eau ajoutée. Un dixième d'eau ajouté à du lait pur fait tomber l'indication de 3° ; la même addition à du lait écrémé ferait tomber le degré de 3 1/4. Toutes ces indications sont exprimées sur la tige du lactodensimètre et se rapportent toutes à la température de + 15°

Dans le cas où l'on opère à une température supérieure ou inférieure de + 15°, on fait les corrections qu'indiquent les tables de Quevenne. Dans les cas ordinaires, on peut se dispenser de l'emploi de ces tables, il suffit de se rappeler que le lait augmente ou diminue de 1° environ au lacto densimètre, pour chaque variation de 5° de température.

Pèse-lait thermique de Pinchon. — Après avoir imaginé ses aréomètres thermiques pour les huiles, Pinchon a eu l'idée

d'en appliquer le principe à l'essai du lait. Ayant observé que la densité du lait pur, prise à chaud, s'écarte beaucoup de celle de ce même liquide prise à froid, il en a déduit des applications très remarquables.

En effet, si à + 15 le lait pur a pour densité 1032, c'est seulement 1016 qu'il accuse à 64°5. Si on lui enlève sa crème, il faudra ensuite le porter à + 89° thermométriques pour lui faire marquer cette densité.

Dans ces conditions, il y aura donc un désaccord complet entre les degrés marqués par le pèse-lait thermique et le thermomètre qu'il renferme à l'intérieur du flotteur, l'écrémage et le mouillage seront ainsi dévoilés.

Il faut recourir à l'instruction établie par Pinchon pour ce genre d'essai, ainsi qu'aux tableaux qui en marquent les résultats, pour pouvoir mettre en pratique ce remarquable procédé.

Pèse-urines. — On construit des pèse-urines en s'appuyant sur ce que la densité de l'urine varie entre 1,001 et 1,040. On choisit un tube aréométrique dont le renflement et la tige soient tellement proportionnés, que le point d'affleurement dans un liquide de densité 1,001 ayant lieu au sommet de la tige, l'affleurement dans un liquide de densité 1,040 se produise à la partie inférieure de cette même échelle. La tige ayant la même longueur qu'un aréomètre ordinaire, les degrés densimétriques sont espacés et les indications relatives à la densité sont plus sensibles.

L'urine, à l'état normal, a une densité moyenne 1018, ce n'est que dans certains cas qu'elle atteint les densités extrêmes dont nous venons de parler.

Dans le diabète, par exemple, le poids spécifique augmente, tandis qu'il diminue dans l'albuminurie.

On peut alors avoir deux pèse-urines, l'un pour les

urines dont la densité excède 1,018, l'autre pour les urines dont la densité est au-dessous de 1,018.

APPRÉCIATEUR DES FARINES

Robine a construit un aréomètre nommé appréciateur des farines qui permet de reconnaître la qualité d'un gluten.

Il est fondé sur la propriété que possède l'acide acétique étendu d'eau, de dissoudre tout le gluten et la matière albumineuse contenus dans une farine, sans toucher à la matière amylacée et sur la densité qu'acquiert la solution de ces substances dans l'acide acétique, densité qui est d'autant plus considérable, qu'il s'est dissous plus de gluteu, et par conséquent que la farine est susceptible de fournir une plus grande quantité de pain.

Cet aréomètre est gradué de telle façon que chaque degré représente un pain de 2 kilog., lorqu'on emploie la quantité de farine contenue dans un sac de 159 kilog.

L'acide acétique doit être assez étendu d'eau distillée pour que l'appréciateur s'enfonce jusqu'à son degré 93 ; ce liquide étant amené à la température de 15°, on délaie la farine dans autant de fois 31 cc. 25 d'acide acétique, qu'il y a de fois 4 grammes dans la quantité de farine employée pour l'essai. On triture pendant 10 minutes afin de dissoudre le gluten, et on verse le tout dans un vase plongé dans l'eau à 15° Après un repos d'une heure, il s'est formé un dépôt d'amidon, on décante le liquide surnageant, puis on plonge l'appréciateur.

Au moyen de cet aréomètre, Robine a pu indiquer la valeur d'une farine, sous le rapport du rendement, à un demi-pain près, évaluation suffisante pour un travail en grand.

Le nombre des densimètres peut varier à l'infini ; nous pouvons encore citer les pèse-éthers, pèse-sirops, pèse-essences, pèse-vinaigres, etc.... Tous ces instruments ne diffèrent les uns des autres que par leur destination spéciale, mais la principale, et on pourrait dire la seule différence qu'ils présentent au point de vue de leur graduation, est le nombre de degrés interceptés par leur tige, et la sensibilité particulière des indications fournies par chacun d'eux.

On a coutume de les employer pour l'essai de certains liquides, tels que les sirops, les huiles...., et il arrive souvent qu'on abuse des indications fournies par ces instruments, en donnant à ces indications une signification qu'elles n'ont pas réellement.

Ainsi, on se sert du densimètre pour apprécier ce qu'on appelle le degré de cuite d'un sirop, et on espère, par son moyen, savoir si le sucre se trouve bien dans la proportion convenable pour assurer la conservation des substances fermentescibles auxquelles il se trouve associé.

On a remarqué qu'il faut pour cela, que le rapport du sucre à l'eau soit celui de 2 à 1, et on a vu que pour le sirop simple, ce rapport est obtenu quand le sirop bouillant marque 1,26 au densimètre. Mais ce n'est là qu'une indication purement densimétrique, et on ne doit l'appliquer qu'au cas particulier pour lequel elle a été reconnue exacte. Si on prend en effet les sirops composés, la densité alors dépend non-seulement du sucre, mais encore des matières solubles qui entrent dans la composition de ces sirops. Le chiffre 1,26 qui correspond à deux parties de sucre dans le sirop simple, correspond à moins de deux parties dans les sirops composés,

d'où la nécessité d'élever à 1,27 ou 1,28 le degré densimétrique pour assurer la conservation de ces sirops.

Il est donc important, dans beaucoup de cas, lorsqu'on observe un liquide au densimètre, de ne pas attacher une grande importance au résultat, et de ne pas faire des déductions qui pourraient être contraires à la réalité des faits.

FIN.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 4 mars 1886.
Le Recteur de l'Académie,
Correspondant de l'Institut,
G. CHANCEL.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole,
J.-E. DIACON.

LISTE DES PRÉPARATIONS

Hypophosphite de potasse.

Oxyde stanneux.

Chlorure de zinc.

Chromate de strontiane.

Acétate d'alumine.

Extrait d'absinthe.

Huile de jusquiame.

Éther oxalique.

Laudanum de Rousseau.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Introduction	7
Des densités. — Détermination et usages	9
Méthode du flacon	13
Flacon de M. Gentilé	14
Balance hydrostatique	15
Procédés Persoz et Boudréaux	16
Balance de Mohr	17
Aréomètres	18
Densimètres de Rousseau, de Pâquet, de Buguet	20
Volumètres. — Densimètres	26
Balance de Jolly	28
Voluménomètres	29
Appareil Mallet et Bianchi	31
Procédé de Petrouchewski	32
Procédés de Babinet et de Boyle	32
Corps solubles dans l'eau	33
Corps poreux	33
Sensibilité des divers procédés	36
Applications	42
Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac	45
Oléomètres	51
Lactodensimètre	54
Pèse-lait thermique de Pinchon	55
Pèse-urines	56
Appréciateur des farines	57